

北京医爱公益基金会

BEIJING MEDICAL LOVE PUBLIC WELFARE FOUNDATION

通过深度学习三维重建肺叶与肺段手术 项目申请书

一、研究背景

在肿瘤外科领域，肺癌是我国发病率与死亡率最高的肿瘤，每年新发病例约 90 万例，死亡近 80 万人，手术是目前唯一有望根治肺癌的方法。但由于肺癌手术存在部位易混淆，血管易错判等诸多问题，容易造成病灶的错切、漏切和术中的大出血，危及患者生命，人工智能与手术的结合，或可是解决该类现状的方法之一。

肺癌手术的复杂性决定了其术前规划的重要性。目前广泛使用的二维 CT 并不能完全满足术前规划的需求。而根据二维CT 获得的三维重建图像就非常直观，可以让医师迅速准确把握肺段的解剖特征，提高了工作效率，减少术中因结构判断不清而导致的错误，降低了手术的风险；同时，患者借助三维重建的直观图像，也能部分理解病变特征，更好地参与到临床决策之中。虽然三维重建提升了手术规划效率，但是仅有术前的规划并不足以完全应对复杂的术中情况，术中导航的使用将进一步提升手术的安全性。电视胸腔镜手术（video-assisted thoracoscopic surgery, VATS）是一项胸外科微创手术，通过肋间的小切口置入胸腔镜，在胸腔内进行操作，避免了开胸手术，减少了手术创伤与相关术后并发症，现已广泛使用。然而，相比开胸手术，VATS 缺乏立体视觉，且减少了触觉反馈，加之术中的肺萎陷、牵拉、分离等操作导致的解剖结构移位，这些问题都增加了 VATS 术中分辨解剖结构的难度[4]。术前规划依据的是肺通气情况下的 CT 或三维重建图像，并不完全等同于术中实际的解剖位置，在胸腔镜下辨认解剖结构有赖于胸外科医师丰富的手术经验，但学习周期长；另一方面，术前规划主要集中在肺段或亚段相关结构的判断，对于更细的分支结构了解有限，而在术中有时会损伤到这些细小的分支结构，仅靠术前规划难以完全应对术中的各种复杂情况。此外，术中的操作依赖于术者的认识与经验，主观性较强，缺乏客观信息系统的支持与认定，而术中导航技术的使用可以为 VATS 肺段切除术提供更好的支持。

本研究是利用深度学习对三维重建中的肺段结构进行自动命名，特别关注对肺部解剖变异的分类、识别与主动报告，并将其用于 VATS 肺段切除术的术中导航。拟通过深度学习训练对肺段三维

重建结构进行自动命名标注的算法，保障结构标注准确的同时，提升标注工作效率；后将其用于术中导航，有助于术者更好地识别肺段复杂的解剖结构及变异，提高手术安全性与有效性，同时也在一定程度上提供了相对客观的手术决策支持系统，有较为深刻的临床意义。此外，该技术还可以进一步与虚拟现实技术结合，实现术中胸腔镜视野与三维结构配准，从而实现术中实时导航，对推动人工智能落地医疗领域也有积极的推动作用。本研究所建立的肺部解剖变异分类以及主动报告系统不仅可以用于手术规划，还可以用于分析人类肺部解剖变异的构成；将其与基因组学、临床信息等结合，进一步探索肺部解剖变异的成因、与疾病或预后的联系等。

二、研究内容

2.1 构建基于胸部 CT 三维重建的肺动静脉与支气管的自动命名算法

胸部 CT 是现阶段肺癌外科手术最重要的术前规划参考。三维重建在二维 CT 的基础上更加直观，但由于信息密度较大，临床医生仍需要较长时间的训练才能熟练掌握。如果能够实现基于三维重建的解剖结构自动命名，将彻底改变目前手术规划阶段的临床实践，将医生从繁琐的看图理解中解放出来。本部分中，我们准备从以下 4 个内容展开研究，逐步实现研究目标。

2.1.1. 建立三维重建自动命名任务数据集

基于项目组已经掌握的的三维重建算法，我们拟回顾性纳入 2020-2022 年共 400 例胸部 CT 进行解剖结构分割与自动命名算法的训练、验证与测试。纳入的胸部 CT 经过脱敏后，通过全自动三维重建算法分别获得动脉、静脉和支气管的三维模型文件，形成影像数据集。其中，300 例数据作为训练集，50 例作为验证集，50 例作为测试集。

2.1.2. 数据标注方法的建立

三维模型的数据标注具备一定挑战性。手动对图形进行分割耗时较大，难以满足庞大数据标注量的需求。项目组拟从两种不同标注方法出发进行探索。其一是基于开源软件（3D-slicer）或成熟商业软件（Mimics Medical）对三维模型进行手工分割，通过优化分割流程加快分割标注的速度；其二是基于模型中心线计算的开源算法（VMTK），对模型进行分叉处的分割后，手工调整分割位置，实现半自动标注。最终，结合两种方法的优缺点，建立成熟、可行的数据标注方法。

2.1.3. 弱监督学习的方法探索

将全部数据标注固然可以获得较为优异的模型效能，然而即便实现了优化的标注方法，标注的工作量仍然可能超过临床医生能够完成的范围。因此，项目拟采用分阶段标注的弱监督主动学习方法。首先标注入组数据中的 100 例进行模型预训练。将预训练模型应用于余下 200 例训练集，生成

预分割模型，并根据预分割模型进行手工调整和命名，并针对容易出错的病例，进行数据增强，以提高模型的准确性。

2.1.4 自动命名模型的训练

我们将采用常用于医学影像分类的任务的基于 ResUNet 的 U 型端到端网络对模型的每个像素进行分类。同时，为更好的利用血管连续性等先验信息，我们将利用图注意力网络进行结构信息传播，最后采用后处理区域生长算法将分类完成的像素进行优化，形成对血管、支气管结构的染色，形成可视化的自动命名模型输出。

2.2 建立三维重建自动命名任务数据集

基于项目组已经掌握的的三维重建算法，我们拟回顾性纳入 2020-2022 年共 200 例胸部 CT 进行解剖结构分割与自动命名算法的训练、验证与测试。纳入的胸部 CT 经过脱敏后，通过全自动三维重建算法分别获得动脉、静脉和支气管的三维模型文件，形成影像数据集。其中，100 例数据作为训练集，50 例作为验证集，50 例作为测试集。

2.2.1. 数据标注方法的建立

三维模型的数据标注具备一定挑战性。手动对图形进行分割耗时较大，难以满足庞大数据标注量的需求。项目组拟从两种不同标注方法出发进行探索。其一是基于开源软件（3D-slicer）或成熟商业软件（Mimics Medical）对三维模型进行手工分割，通过优化分割流程加快分割标注的速度；其二是基于模型中心线计算的开源算法（VMTK）对模型进行分叉处的分割后，手工调整分割位置，实现半自动标注。最终，结合两种方法的优缺点，建立成熟、可行的数据标注方法。

2.2.2. 自动命名模型的训练

我们将采用常用于医学影像分类的任务的基于 ResUNet 的 U 型端到端网络对模型的每个像素进行分类。同时，为更好的利用血管连续性等先验信息，我们将利用图注意力网络进行结构信息传播，最后采用后处理区域生长算法将分类完成的像素进行优化，形成对血管、支气管结构的染色，形成可视化的自动命名模型输出。

三、研究目的

项目拟证实三维重建算法的临床价值，并研发肺部动静脉与支气管的自动命名算法，从而将胸部 CT 进行高效、准确的语义分割，为手术提供精确标注的地图。

四、研究计划

发起方：北京医爱公益基金会

项目执行方：北京大学人民医院胸外科

时 间	内 容
2024 年 7 月 1 日—2024 年 8 月 31 日	完成构建基于胸部 CT 三维重建的肺动静脉与支气管的自动命名算法。
2024 年 9 月 1 日—2024 年 12 月 28 日	完成三维重建自动命名任务数据集 200 例, 形成可视化的自动命名模型。

备注：北京大学人民医院胸外科有完备的临床研究经验和基础科学转化研究经验。依托北京大学人民医院胸外科科技创新 2030 新一代人工智能实验室，保证本项目有充分的软硬件支撑条件。

五、研究费用预算

项目	单价(元)	数量	总价(元)
显卡(型号: 华硕 ROG STRIX GeForce RTX 4090 024G)	20,000	2	40,000
备注: 需针对三维图像进行深度学习建模, 需要增加显卡作为运算部件			
数据标注平台	20,000	2	40,000
备注: 需要对大量医学影像数据进行分布式标注, 需要使用专业标注平台			
影像数据预处理	200	200	40,000
备注: 项目医学影像数据进行分布式标注, 需要对影像数据进行匿名化、特征区域提取、三维重建等预处理			
胸部 CT 智能标注算法研发	20,000	1	20,000
备注: 使用智能辅助方法, 以提高标注工作效率			
自动命名模型训练	40,000	1	40,000
供应商总体费用			180,000
学会管理费(10%)			20,000
合 计			200,000

